

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 07-306371
(43)Date of publication of application : 21.11.1995

(51)Int. Cl. G02B 26/10
G02B 26/10
G02B 13/00
G02B 13/18

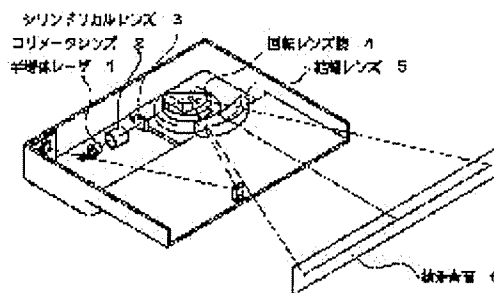
(21)Application number : 06-096701 (71)Applicant : SEIKO EPSON CORP
(22)Date of filing : 10.05.1994 (72)Inventor : TAKADA KIYUO
SUZUKI TAKASHI
INOUE NOZOMI
NOMURA YUJIRO
HAMA TAKASHI

(54) OPTICAL SCANNER

(57)Abstract:

PURPOSE: To provide an excellent image surface bend characteristic by making refractive power in an optical path where a light beam scanning a scan end passes through larger than the refractive power in the optical path where the light beam scanning a scan center passes through.

CONSTITUTION: The beam projected from a semiconductor laser 1 is converted into the slightly converged beam by a collimator lens 2, and is subjected to convergence action only in the sub-scanning direction by a cylindrical lens 3. Further, after the beam is made incident on an incident surface of a rotary lens mirror 4 as a deflection means, an image is formed in the vicinity of a reflection surface only in the sub-scanning direction, and the beam is reflected by the reflection surface to be projected from a projection surface. Then, the beam is deflected accompanying the rotation of the rotary lens mirror 4, and the deflected beam is subjected to convergence action by an image forming lens 5, and forms a beam spot on a surface to be scanned 6. In this case, this device is constituted so that the refractive power of the image forming lens 5 in the main scanning direction is minimized in the optical path of the beam scanning the scanning center, and increased as the beam approaches the scanning end.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 02.10.1996

[Date of sending the examiner's decision
of rejection]

[Kind of final disposal of application
other than the examiner's decision of
rejection or application converted
registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3003065

[Date of registration] 19. 11. 1999

[Number of appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of requesting appeal against
examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平7-306371

(43)公開日 平成7年(1995)11月21日

(51)Int.Cl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 2 B 26/10	D	1 0 1		
13/00				
13/18				

審査請求 未請求 請求項の数13 ○L (全 17 頁)

(21)出願番号 特願平6-96701

(22)出願日 平成6年(1994)5月10日

(71)出願人 000002369

セイコーエプソン株式会社

東京都新宿区西新宿2丁目4番1号

(72)発明者 高田 球

長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内

(72)発明者 鈴木 隆史

長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内

(72)発明者 井上 望

長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内

(74)代理人 弁理士 鈴木 喜三郎 (外1名)

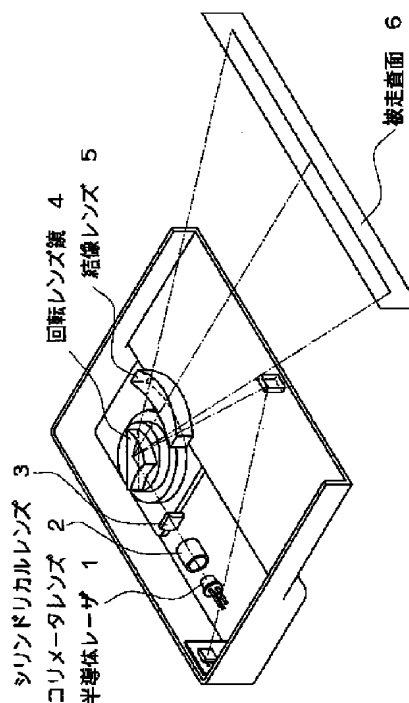
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 光走査装置

(57)【要約】

【目的】 レーザビームプリンタ等に用いられる光走査装置において、特に像面湾曲特性が良好な光走査装置を提供すること。

【構成】 半導体レーザ1から出射したビームは、コリメータレンズ2、シリンドリカルレンズ3を通り、回転レンズ鏡4により被走査面6上を偏向走査される。この構成において、結像レンズ5として、主走査方向の屈折力が、走査中心に対して走査端の方が大きくなるような光学特性を有するレンズを用いている。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 光ビームを発生する光源と、前記光ビームを偏向し等角速度で回転する偏向手段と、前記偏向手段により偏向された光ビームを被走査面上に結像させるための結像レンズとを有する光走査装置において、前記結像レンズの主走査方向における屈折力について、走査中心を走査する光ビームが通過する光路における屈折力に対し、走査端を走査する光ビームが通過する光路における屈折力の方が大きいことを特徴とする光走査装置。

【請求項 2】 前記偏向手段により偏向された前記光ビームが走査中心を走査するときの角速度に対し、走査端を走査するときの角速度の方が小さいことを特徴とする請求項 1 記載の光走査装置。

【請求項 3】 前記結像レンズは、主走査断面で非球面である面を有することを特徴とする請求項 1 記載の光走査装置。

【請求項 4】 前記非球面の主走査断面の有効部において、光軸からの高さを y 、前記高さ y での曲率を $c(y)$ とすると、

【数 1】

$$\left| \frac{dc(y)}{dy} \right| < 0.005$$

となることを特徴とする請求項 3 記載の光走査装置。

【請求項 5】 前記結像レンズのレンズ面 S_i において、主走査断面の有効部で、光軸からの高さを y 、前記高さ y でのレンズ面の光軸方向の変位量を $\Delta z_i(y)$ とし、前記偏向手段の偏向点から前記レンズ面 S_i までの距離を b_i 、前記偏向点から前記被走査面までの距離を a とすると、

【数 2】

$$\left| \Delta z_i(y) \right| \left| \frac{1}{a-b_i} + \frac{1}{b_i} \right| < 0.2$$

となることを特徴とする請求項 1 記載の光走査装置。

【請求項 6】 前記結像レンズの副走査断面において、光軸方向の厚さを t 、副走査方向の高さを h とすると、 $h/t > 2$

となることを特徴とする請求項 1 記載の光走査装置。

【請求項 7】 前記結像レンズの主走査断面の有効部において、光軸方向の厚さの最大値を t_{max} 、最小値を t_{min} とすると、

$$t_{max}/t_{min} < 2$$

となることを特徴とする請求項 1 記載の光走査装置。

【請求項 8】 前記結像レンズに入射する光ビームが、主走査断面において集束光であることを特徴とする請求項 1 記載の光走査装置。

【請求項 9】 前記結像レンズは、主走査方向と副走査方向とで屈折力が異なることを特徴とする請求項 1 記載

の光走査装置。

【請求項 10】 副走査断面において、前記偏向点と前記被走査面とが光学的共役関係にあることを特徴とする請求項 9 記載の光走査装置。

【請求項 11】 前記結像レンズの少なくとも 1 面において、副走査断面に平行な断面の曲率が、前記結像レンズの有効部で主走査方向に沿って連続的に変化していることを特徴とする請求項 9 記載の光走査装置。

【請求項 12】 前記結像レンズの副走査断面が、平面と凸面とからなることを特徴とする請求項 11 記載の光走査装置。

【請求項 13】 前記結像レンズの両面において、副走査断面に平行な断面の曲率が、前記結像レンズの有効部で主走査方向に沿って連続的に変化していることを特徴とする請求項 11 記載の光走査装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明はレーザビームプリンタ等に用いられる光走査装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 従来、レーザビームプリンタ等に用いられる光走査装置は、半導体レーザ等の光源から射出し、コリメータレンズによって集束されたビームを回転多面鏡で偏向走査し、 $f\theta$ レンズによって被走査面上にビームスポットを形成していた。回転多面鏡の角速度は一定なので、被走査面上での走査速度を一定にするために、 $f\theta$ レンズに負の歪曲収差特性を与え、等速走査を実現していた。

【0003】 ところで、光走査装置の光学系に要求される収差特性は以下の 2 点である。一つは、等速走査性を得るために、特定の負の歪曲収差を持たせることであり、もう一つは、ビームスポット径を回折限界に近くするために、像面湾曲を小さくして像面の平坦性を得ることである。負の歪曲収差を発生させるためには、幾何光学的には入射瞳の後方に正のレンズを配置するか、あるいは入射瞳の前方に負のレンズを配置すればよい。従来の光走査装置では、正のパワーを有している $f\theta$ レンズを入射瞳、すなわち偏向点から後方に配設し、負の歪曲収差を発生させていた。よりよいレンズ性能を得るには、 $f\theta$ レンズの枚数は多い方が望ましいが、枚数が増加すればコストが高くなり、調整が複雑化し、ビームの強度が低下するといった問題が生じる。

【0004】 しかしながら、そのような従来の光走査装置では、 $f\theta$ レンズに負の歪曲収差を与えるために、 $f\theta$ レンズは入射瞳、すなわち偏向点から後方に大きく離して配設される必要があり、 $f\theta$ レンズが大口径となり高価であり、装置の大型化とコスト高の主要因であった。

【0005】 このため、本発明者らは、特開平 6-75162 号において、新規かつ進歩性のある光走査装置を

3

提案した。この構成によれば、回転多面鏡の代わりに、ビームの偏向作用とレンズ作用とを合わせ持つ偏向器が用いられ、偏向器が収差補正の働きをも有し、装置の小型化に寄与させることができる。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】ところで、特開平6-75162号記載の光走査装置では、回転レンズ鏡の主走査断面の有効部において、主走査方向の局所的な屈折力は不均一となる。相対的に比較すると、走査中心を走査するビームが受ける屈折力は大きく、走査端を走査するビームが受ける屈折力は小さい。ここで、屈折力とは、絶対値としての屈折力ではなく、正負を含めた値としての屈折力という。

【0007】この偏向手段で代表されるように、偏向された光ビームが走査中心を走査するときの角速度に対し、走査端を走査するときの角速度の方が小さいような偏向手段では、走査中心を走査するビームが受ける主走査方向の屈折力は、走査端を走査するビームが受ける主走査方向の屈折力に対して大きい。

【0008】そこで本発明は、上述したような偏向手段の屈折力の不均一を補正するべく設定された結像レンズを用い、像面湾曲特性が非常に良好な光走査装置を提供することを主たる目的とする。

【0009】

【課題を解決するための手段】本発明の光走査装置は、光ビームを発生する光源、光ビームを偏向し等角速度で回転する偏向手段、偏向手段により偏向された光ビームを被走査面上に結像させるための結像レンズを有する光走査装置において、結像レンズの主走査方向における屈折力について、走査中心を走査する光ビームが通過する光路における屈折力に対し、走査端を走査する光ビームが通過する光路における屈折力の方が大きいことを特徴とする。

【0010】また、本発明の光走査装置は、上記構成に加え、以下のいずれかの構成をとることが望ましい。

【0011】1) 偏向手段により偏向された光ビームが走査中心を走査するときの角速度に対し、走査端を走査するときの角速度の方が小さいこと。

2) 結像レンズは、主走査断面で非球面である面を有すること。さらに、非球面の主走査断面の有効部において、光軸からの高さを y 、高さ y での曲率を $c(y)$ とすると、

【0012】

【数3】

$$\left| \frac{dc(y)}{dy} \right| < 0.005$$

【0013】となることが望ましい。

3) 結像レンズのレンズ面 S_i において、主走査断面の有効部で、光軸からの高さを y 、高さ y でのレンズ面の

4

光軸方向の座標を $z_i(y)$ とし、偏向手段の偏向点からレンズ面 S_i までの距離を b_i 、偏向点から被走査面までの距離を a とすると、

【0014】

【数4】

$$|\Delta z_i(y)| \left| \left(\frac{1}{a-b_i} + \frac{1}{b_i} \right) \right| < 0.2$$

【0015】となること。

4) 結像レンズの副走査断面において、光軸方向の厚さを t 、副走査方向の高さを h とすると、

$h/t > 2$

となること。

5) 結像レンズの主走査断面の有効部において、光軸方向の厚さの最大値を t_{max} 、最小値を t_{min} とすると、

$t_{max}/t_{min} < 2$

となること。

6) 結像レンズに入射する光ビームが、主走査断面において集束光であること。

7) 結像レンズは、主走査方向と副走査方向とで屈折力が異なること。さらに、副走査断面において、偏向点と被走査面とが光学的共役関係にあることや、結像レンズの少なくとも1面において、副走査断面に平行な断面の曲率が、結像レンズの有効部で主走査方向に沿って連続的に変化していることが望ましい。また、結像レンズの副走査断面が、平面と凸面とからなることや、結像レンズの両面において、副走査断面に平行な断面の曲率が、結像レンズの有効部で主走査方向に沿って連続的に変化していることがより望ましい。

【0016】

【作用】本発明の上記の構成は以下のような作用を有するものである。

【0017】まず、請求項1、2記載の発明においては、主走査方向において、走査中心で大きく走査端で小さい屈折力の分布を有する偏向手段の屈折力の不均一性を、走査中心で小さく走査端で大きい屈折力を有する結像レンズで打ち消し、像面湾曲を小さくすることができる。

【0018】請求項3記載の発明においては、結像レンズに非球面を導入することにより、わずか1枚の結像レンズで十分に収差を補正をすることができるのみならず、結像レンズへの入射ビームの画角も大きくとることができる。

【0019】請求項4記載の発明においては、結像レンズの曲率変化率を所定の範囲内に設定することにより、ビームスポット形状の崩れを小さくしたものである。

【0020】請求項5記載の発明においては、偏向手段の反射面近傍の結像点と被走査面上の結像点との間の光学倍率を一定にするように、所定のレンズ形状にすることにより、副走査方向の光学倍率を均一に、そして解像

度を均一にすることができる。

【0021】請求項6記載の発明においては、結像レンズの断面を所定の形状とすることにより、ビームの進行方向と垂直な方向の屈折率分布を抑制することができる。これにより、焦点位置がずれたり結像特性が悪化したりすることを防ぐことができる。

【0022】請求項7記載の発明においては、結像レンズの厚さ t の主走査断面の有効部の形状を特定することにより、成型時の流動状態の不均一性を防止し、内部歪を生じないように構成することができる。

【0023】請求項8記載の発明においては、結像レンズに入射するビームが、主走査断面において集束光であるので、結像レンズの屈折力が小さくて済むようになる。この結果、レンズの厚さを均一に近くすることができる。

【0024】請求項9記載の発明においては、主走査方向と副走査方向とで屈折率が異なるので、諸収差の補正を主走査方向と副走査方向とで独立に行うことができ、光学設計上の自由度が大きくなる。

【0025】請求項10記載の発明においては、副走査断面において偏向点と被走査面とが光学的共役関係にあるため、回転レンズ鏡の反射面に面倒れがあっても、被走査面上におけるビームスポットの副走査方向の位置は変化せず、走査線の位置ずれは発生しない。

【0026】請求項11記載の発明においては、結像レンズの射出面は、副走査断面に平行な断面の曲率が、結像レンズの有効部で主走査方向に沿って連続的に変化しているので、結像レンズの有効部のいかなる位置でも、副走査断面に平行な断面の曲率を任意に設定することができる。このため、副走査方向の像面湾曲を完全に補正することができる。

【0027】請求項12記載の発明においては、結像レンズの2つの面のうち、片方の面を副走査断面で直線となるようにすれば、結像レンズの製造が容易になりコストを低減することができる。さらに、一つのレンズに光学曲面が2面存在すると、それらの面の光軸の相対的な位置精度が問題となり、2本の光軸を一致させることが厳しく要求されるが、副走査断面で平凸レンズとなるようにすれば、副走査断面ではそのような要求は生じない。

【0028】請求項13記載の発明においては、結像レンズの両面とも、曲率が連続的に変化している面にすれば、光学設計の自由度が副走査方向でさらに1自由度大きくすることができる。この結果、副走査方向のビームスポット径を完全に一定にすることができる。

【0029】

【実施例】

(実施例1) 以下、図面に基づき本発明を詳細に説明する。

【0030】図1は本発明の光走査装置の第1の実施例

としての光走査装置を示したものである。光源としての半導体レーザー1より射出したビームが、コリメータレンズ2によって、わずかに集束するビームに変換され、シリンドリカルレンズ3により、副走査方向にのみ集束作用を受ける。ここで、副走査方向とは、回転レンズ鏡4の回転軸に平行な方向のことであり、また、副走査方向と光軸とに垂直な方向を主走査方向という。さらに、ビームは偏向手段としての回転レンズ鏡4の入射面に入射した後、反射面の近傍で副走査方向でのみ結像し、反射面で反射され、射出面から射出する。入射面、射出面はいずれも主走査方向にのみ屈折力を有し、それぞれ凹シリンドリカル面、凸シリンドリカル面である。反射面は平面である。ビームは回転レンズ鏡4の回転に伴って偏向される。偏向されたビームは結像レンズ5で集束作用を受け、被走査面6上にビームスポットを形成する。なお、被走査面6の有効走査領域において、その中心、すなわち光軸と交わる点を走査中心と呼び、領域の両端である走査開始点および走査終了点を走査端と呼ぶこととする。

【0031】図2に回転レンズ鏡4の回転に伴ってビームが偏向される様子を示す。入射面 S_a 、射出面 S_e は、走査中心を走査するビームがそれらの面を垂直に通過するように設定され、また反射面 S_b は走査中心を走査するビームが 45° の角度で反射面 S_b に入射するように設定されている。回転レンズ鏡4の回転軸 O は、反射面 S_b に内包され、走査中心を走査するビームの反射点を通る。入射面 S_a の光軸および射出面 S_e の光軸は、走査中心を走査するビームの光路に一致する。回転レンズ鏡4は回転軸 O を中心に回転し、I、II、IIIのように変位する。入射ビームLは回転レンズ鏡4の回転に伴い、入射面 S_a のそれぞれ異なる位置に異なる角度で入射するため、屈折により偏向される。ビームは反射面 S_b で反射されて、さらに偏向角を大きくし、射出面 S_e で屈折して射出ビーム M_1 、 M_2 、 M_3 のように偏向される。

【0032】ところで、一般に、光学曲面に入射するビームの入射角が増加すれば、ビームが光学曲面で受ける屈折力の絶対値も増加する。図2において、入射ビームLは入射面 S_a で負の屈折力を受けるが、回転レンズ鏡4の位置がIIのときには、入射面 S_a に入射角 0° で入射し、I、IIIのときにはある入射角を持って入射する。そのため、負の屈折力の絶対値はIIのときに対して、I、IIIのときの方が大きくなる。一方、射出面 S_e ではビームは正の屈折力を受けるが、屈折力の絶対値はやはりIIのときに比べてI、IIIのときの方が大きい。ただし、ビームの入射角の変化は入射面 S_a の方が大きく、射出面 S_e ではビームが偏向されても入射角はあまり変化しないため、屈折力の変化は入射面 S_a で生じる変化の方が支配的である。従って、回転レンズ鏡4の屈折力を絶対値ではなく、正負を含めた値と

7

して相対的にみると、回転レンズ鏡4がI Iに位置するとき、すなわち走査中心を走査するビームの光路では大きく、IあるいはI I Iに移動するにつれて、すなわちビームが走査中心から走査端へ移動するにつれて小さくなる。

【0033】回転レンズ鏡4で偏向されたビームの焦点の軌跡を示すと図3のようになる。ビームが集束ビームである場合の軌跡はF₁、発散ビームの場合の軌跡はF₂である。比較のために、偏向手段として従来技術の回転多面鏡を用いた場合の軌跡を示すと、破線F₃、F₄のように偏向手段の回転軸Oを中心とする円弧を描く。それ

に対し、回転レンズ鏡4で偏向されたビームの場合は、ビームが走査端へ移動すると、回転レンズ鏡4の屈折力が小さくなるため、ビームの焦点位置がビームの進行方向へ移動し、焦点の軌跡は円弧から離れてビームの進行方向側へ沿った曲線となる。F₁やF₂なる軌跡を描くビームを、結像レンズ5で被走査面6の直線上に結像させるためには、結像レンズ5の屈折力を端部に行くほど大きくすればよい。

【0034】次に本実施例における結像レンズ5の構成について詳細に説明する。結像レンズ5の主走査方向の屈折力は、走査中心を走査するビームの光路において最も小さく、走査端にビームが近づくにつれて大きくなるようになっている。従って、先述したような回転レンズ鏡4の屈折力の不均一性、すなわち走査中心で大きく走査端に行くに従って小さくなる屈折力を、結像レンズ5で打ち消し合うことができ、主走査方向の像面を平坦化し、像面湾曲を小さくすることができる。

【0035】本実施例における結像レンズ5の入射面、射出面の主走査断面（光軸を含み主走査方向に平行な面）の形状は非球面である。結像レンズに非球面を導入することで、わずか1枚の結像レンズで十分に収差を補正することができるのみならず、結像レンズへの入射ビームの画角も大きくとることができるため、例えば光走査装置の有効走査幅が216mmであれば、回転レンズ鏡の回転中心と被走査面との間隔を150mm以下にまで短くすることができ、光走査装置を小型化することができる。

【0036】非球面は曲率が局所的に変化している面であるが、その変化が大きくて、ビームの直径の範囲内でも局所的に曲率が大きく変化するような場合には、非球面により変換を受けたビームの波面は球面ではなくなり、結像特性が悪化してしまう。そこで、本実施例における結像レンズは、非球面の主走査断面において、光軸からの高さをy、yの高さでの曲率をc(y)としたとき、有効部に常に、

【0037】

【数5】

10

20

30

40

50

8

$$\left| \frac{dc(y)}{dy} \right| < 0.005$$

【0038】を満足させている。このようにすれば、ビームスポット形状の崩れは小さく、実用上問題ない程度となる。上式のdc(y)/dcを曲率変化率ρと呼ぶこととする。すなわち、

【0039】

【数6】

$$\rho = \frac{dc(y)}{dy}$$

【0040】である。ただし、この場合は非球面の曲面であるのでρ>0である。

【0041】一例を挙げて具体的に計算を行う。図4のように、簡単のために結像レンズ5の入射面S₁は平面とし、射出面S₂は近軸的には平面であり、それに非球面変位が付加されているものとする。半径wの平行ビームが結像レンズ5を透過する。光軸方向をz軸、光軸に垂直な方向をy軸とし、射出面S₂と光軸とが交わる点を原点とする。曲率が変化するような面は3次曲線で表される。そこで射出面S₂を、

$$z = ky^3$$

と与えると、曲率変化率ρは近軸的にはyによるzの3次微分、すなわち、

$$\rho = 6k$$

となる。次に、ビームが半径wの太さを持っていることを考慮し、ビームを光線束であると考え、光軸から距離wだけ離れた位置を通る光線Nを追跡する。光軸からの高さwにおける射出面S₂の傾きは3kw²であり、平行平板の屈折率をnとすると、射出面S₂から射出された光線が光軸となす角αは近似的に、

$$\alpha = 3kw^2(n-1)$$

となる。従って、曲率変化率ρと角αとの関係は、

$$\alpha = \rho w^2(n-1)/2$$

となる。光線Nが被走査面6と交わる位置と、射出面Sに非球面変位がない場合に交わる位置とのずれmは、射出面Sから被走査面6までの距離をeとすると、

$$m = \rho ew^2(n-1)/2$$

となる。以上の計算により、半径wのビームを光線束と考えると、光線は曲率変化率ρを有する面により、被走査面6において最大でmのずれを生じる。そのため、焦点を被走査面6上に設定しても、各々の光線は一点には集束せず、ビームスポットは大きくなり、結像特性を悪化させることとなる。

【0042】ここで、一般的な値として、仮にρ=0.005、e=100mm、w=1mm、n=1.5とすると、m=0.125mmとなる。光走査装置の走査密度が、例えば300dpiであれば、ビームスポットの半径は0.06mm程度に設定される。ここで、ビーム

$1/e^2$ の強度となる点を連ねた形状の半径のことである。先のずれ量 m はビームスポット半径の約2倍であるが、最大強度に対して $1/e^2$ の位置ではビーム強度はあまり大きくないので、この程度であればビームスポット形状はあまり崩れず、問題とはならない。以上の議論は、光軸上のビームに対してであるが、光軸外の斜めのビームに対しても同様のこととなる。

【0043】ところで、非球面レンズをガラスで製造するとコスト高となるため、プラスチックで成型により製造することがよく行われている。ただし、プラスチックでレンズを成型する場合、冷却速度の不均一によりレンズ内部に歪が生じ、屈折率が不均一となることがある。そこで、屈折率の分布が問題とならないような条件について調べた。図5に示すように、単純化するために結像レンズ5の副走査断面（光軸を含み副走査方向に平行な面）を矩形とし、光軸方向の厚さを t 、副走査方向の高さを h とする。座標はレンズ断面の中心を原点とし、光軸方向に z 軸を、副走査方向に x 軸をとる。

【0044】断面形状が長方形の場合、冷却時の等温度曲線は長手方向に沿ってほぼ平行となるため、屈折率は長手方向にはほぼ均一となるが、それと垂直な方向に分布を生じることとなる。また、ビームの進行方向に沿った屈折率分布は結像特性に影響を及ぼさないが、それと垂直な方向に屈折率分布があると、焦点位置がずれたり結像特性が悪化したりする。従って、厚さ t は小さいほど、また高さ h は大きいほど屈折率分布の影響は小さくなる。

【0045】ここで、厚さ t と高さ h との比によって、レンズ内部の冷却速度がどのように変化するかを数値計算により調べた。初期温度 T_1 で一樣なレンズを温度 T_2 の環境で冷却する場合について考える。 x 軸上の各点の温度 T_3 が T_1 と T_2 との中間温度、すなわち、 $T_3 = (T_1 + T_2) / 2$

に達するまでの時間を図6に示す。横軸は $h/2$ で規格化した x 座標であり、縦軸は、レンズ断面の中心点（原点）の値で規格化した冷却時間である。同図はビームの進行方向に垂直な方向での冷却時間の分布を示すものであるが、 h/t が大きくなるほど、レンズ中心付近の分布が均一になる傾向を示している。

【0046】さらに、射出成型により製造したプラスチックレンズについて実測した屈折率分布を図7に示す。 h/t としては0.53と1.88の2種類のものを用いた。横軸は $h/2$ で規格化した x 座標であり、縦軸は光軸での屈折率を基準とした屈折率の変動量である。 $h/t = 0.53$ の場合には、光軸付近で屈折率が変動しており、実際にビームを通してみると、屈折率分布型レンズのように屈折率分布が凹レンズとして作用し、焦点位置がずれ、結像特性も悪化した。一方、 $h/t = 1.88$ の場合には、光軸付近では屈折率がほぼ一定であり、ビームを通して結像特性の悪化や焦点位置のずれ

は見られなかった。

【0047】以上のことから、(1) h/t が大きくなるほどレンズ中心付近の分布が均一になること、(2) $h/t = 1.88$ の場合には良好な結果が得られたこと、を考慮すると $h/t \geq 1.88$ であることが望ましい。さらに、測定誤差や、特性のばらつきなどを考慮すると、図5に示す結像レンズ5の副走査断面において、光軸方向の厚さ t 、副走査方向の高さ h との比を、 $h/t > 2$

10 なるように設定することがより望ましい。このようにすれば、結像特性の悪化や焦点位置のずれを実用的に問題のない程度に抑えることができる。

【0048】一方、 h/t の上限値であるが、これは製作上の能力・製造性・コストなどによって決まる。一般的には、 $h/t < 50$ 程度の範囲内に設定するのが好ましい。

【0049】ところで、プラスチックレンズでは、レンズの強度や成型性を高めるためにレンズ有効部の周囲にリブを設けることが一般的である。そこで、図8のようにリブを含めた高さ h を用いて上式を満足させても、同様の効果が得られる。

【0050】また、プラスチックレンズでは厚さの不均一も内部歪を生じる原因となるため、なるべく厚さを均一にする必要がある。結像レンズをプラスチックで成型するときには、レンズの厚さ t が主走査断面の有効部において大きく変化していると、成型時の流動状態が不均一になり、内部歪を生じてしまう。そこで、本実施例においては、結像レンズの有効部において、光軸方向の厚さの最大値 t_{max} と最小値 t_{min} との比を、

$$t_{max} / t_{min} < 2$$

30 となるようにしている。このようにすれば、内部歪を実用的に問題のない程度に抑えることができる。なお、理想的には $t_{max} / t_{min} = 1$ なので、 $1 \leq t_{max} / t_{min} < 2$ の範囲内に納まるようにするのが望ましい。

【0051】しかも、本実施例においては、結像レンズに入射するビームは、主走査断面において集束光である。結像レンズへの入射ビームが、主走査断面で平行光や発散光となっていると、ビームを被走査面に結像させるために、結像レンズは屈折力の大きな正レンズとせねばならず、結像レンズの主走査断面の厚さが極めて不均一となってしまう。そこで、結像レンズへの入射ビームを主走査断面で集束光とし、結像レンズの屈折力が小さく済むようにし、レンズの厚さを極力均一になるようにしている。

【0052】本実施例における結像レンズは光軸上での屈折力が主走査方向と副走査方向とで異なるアナモフィックレンズである。そのため、諸収差の補正を主走査方向と副走査方向とで独立に行え、光学設計上の自由度が大きく、主走査方向、副走査方向ともに像面湾曲を小さく抑えることができ、等速走査性も良好にすることがで

きる。

【0053】従来の光走査装置では、偏向器として回転多面鏡を用いる場合には、各反射面の面倒れに起因する走査線の位置ずれを除去するために、光学系に倒れ補正機能を持たせることがよく行われている。本発明の光走査装置においてもこのような倒れ補正機能を有している。本発明では、先述したように副走査断面においてビームは回転レンズ鏡の反射面に結像する。そして、副走査断面において偏向点と被走査面とが光学的共役関係にあるため、回転レンズ鏡の反射面に面倒れがあっても、被走査面上におけるビームスポットの副走査方向の位置は変化せず、走査線の位置ずれは発生しない。

【0054】さらに、本実施例における結像レンズの射出面は、副走査断面に平行な断面の曲率が、結像レンズの有効部で主走査方向に沿って連続的に変化している。このようにすれば、結像レンズの有効部のいかなる位置でも、副走査断面に平行な断面の曲率を任意に設定できるため、副走査方向の像面湾曲を完全に補正することができる。

【0055】ところで、副走査方向の曲率が変化する面を射出面に限る必要はなく、入射面の副走査方向の曲率を変化させてもよい。つまり、副走査方向の像面湾曲を補正するためには、一つの自由度さえ持っていればよく、入射面、射出面の少なくとも一方の面を、副走査方向の曲率が変化するようにすればよい。そうすれば、他方の面の副走査方向の曲率は任意に設定できる。そこで本実施例においては、結像レンズの入射面の副走査断面を直線とし、副走査断面で見ると平凸レンズとしてもよい。このように、結像レンズの2つの面のうち、片方の面を副走査断面で直線となるようにすれば、結像レンズの製造が容易になりコストも低減する。さらに、一つのレンズに光学曲面が2面存在すると、それらの面の光軸の相対的な位置精度が問題となり、2本の光軸を一致させることが厳しく要求されるが、副走査断面で平凸レンズとなるようにすれば、副走査断面ではそのような要求は生じない。

【0056】先述したように、光走査装置の光学系に要求される主な特性は、等速走査性と像面の平坦性とであるが、さらに付け加えるならば、ビームスポット径の均一性が要求される。最近では走査密度が高く、解像度も高い光走査装置が求められているため、有効走査領域においてビームスポット径が一定であることが強く要求されるようになってきた。ビームスポット径を一定にするためには、光学系の光学倍率を一定にすればよい。

【0057】ここで、特に副走査方向の光学倍率を一定にすることを考える。本実施例では、副走査断面で回転レンズ鏡の反射面近傍にビームが結像するため、反射面近傍の結像点と被走査面上の結像点との間の光学倍率を一定にすればよい。

【0058】単純化して考えるため、図9に示すよう

に、結像レンズ5を薄肉レンズとし、回転レンズ鏡は副走査方向に屈折力を持たないので省略する。ビームの偏向点Pから被走査面6までの距離をa、偏向点Pから結像レンズ5までの距離をb、結像レンズ5の主走査断面の有効部で、光軸からの高さをyとする。結像レンズ5と光軸とが交わる点を基準とした、yの高さでの結像レンズ5の光軸方向のずれを $\Delta z(y)$ とする。回転レンズ鏡の反射面とビームの偏向点Pとはほぼ一致するため、偏向点Pを結像点と考える。光軸からの高さyの位置を透過するビームの副走査方向の光学倍率 $\beta(y)$ は、

【0059】

【数7】

$$\beta(y) = \frac{a - \{b + \Delta z(y)\}}{b + \Delta z(y)}$$

【0060】である。ところで、本件発明者の実験によれば、ビーム径が $\pm 20\%$ 以上変動すると、光走査装置としての解像度が不均一となり、レーザプリンタでの印字でも、特に細かい網点のようなパターンでは、濃度むらを生じて印字品質が悪化する。そこで、任意の光軸高さyでの光学倍率 $\beta(y)$ を、光軸上の光学倍率 $\beta(0)$ を基準として、次式で規定する。

【0061】

【数8】

$$\left| \frac{\beta(y)}{\beta(0)} - 1 \right| < 0.2$$

【0062】この式を計算し近似を施すと、次式のようになる。

【0063】

【数9】

$$|\Delta z(y)| \left| \left(\frac{1}{a-b} + \frac{1}{b} \right) \right| < 0.2$$

【0064】従って、結像レンズのレンズ面 S_1 において、主走査断面の有効部で、yの高さでのレンズ面の光軸方向の変位量を $\Delta z_1(y)$ とし、偏向点からレンズ面 S_1 までの距離を b_1 とすると、

【0065】

【数10】

$$|\Delta z_1(y)| \left| \left(\frac{1}{a-b_1} + \frac{1}{b_1} \right) \right| < 0.2$$

【0066】となる。ただし、レンズ面は曲面であるので、 $\Delta z_1(y) > 0$ である。このようにすれば、副走査方向の光学倍率が均一で、解像度が均一な光走査装置が実現できる。また、このような光走査装置をレーザプリンタに利用すると、濃度むらがなく良好な印字品質が得られる。

【0067】本実施例の代表的な設計例の光学諸元を表1、表2に示す。ただし、1走査の走査開始から走査終

了までの回転レンズ鏡の回転角を 2ω とする。半導体レーザの発光点を S_1 、コリメータレンズの入射面、射出面をそれぞれ S_2 、 S_3 、シリンドリカルレンズの入射面、射出面をそれぞれ S_4 、 S_5 、回転レンズ鏡の入射面、反射面、射出面をそれぞれ S_6 、 S_7 、 S_8 、結像レンズの入射面、射出面をそれぞれ S_9 、 S_{10} とする。各光学諸元の記号については、第 i 面 S_i の曲率半径を r_i 、第 i 面から次の面までの軸上間隔を d_i とし、コリ*

$$z_i = \frac{y^2/r_{iy}}{1 + \sqrt{1 - (K_i + 1)(y/r_{iy})^2}} + A_i y^4 + B_i y^6 + C_i y^8 + D_i y^{10} + E_i y^{12}$$

【0069】で表す。座標は、レンズ面が光軸と交わる点を原点とし、光軸方向に z 軸、光軸に垂直で主走査方向に y 軸をとっている。 K_i 、 A_i 、 B_i 、 C_i 、 D_i 、 E_i は非球面係数である。また、結像レンズの射出面は、副走査断面に平行な断面の曲率が、結像レンズの有効部で主走査方向に沿って連続的に変化しており、曲率半径 R ※20

*メータレンズ、シリンドリカルレンズ、回転レンズ鏡、結像レンズの屈折率をそれぞれ n_2 、 n_4 、 n_6 、 n_9 とする。また、アナモフィックなレンズ面では、副走査方向、主走査方向の曲率半径をそれぞれ r_{ix} 、 r_{iy} とし、非球面の曲率半径については、光軸上の値を示す。結像レンズの主走査断面形状は非球面形状であり、

【0068】

【数11】

※ i を、

$$R_i = r_{ix} + A_{ix} y^2 + B_{ix} y^4 + C_{ix} y^6 + D_{ix} y^8 + E_{ix} y^{10}$$

で表す。 A_{ix} 、 B_{ix} 、 C_{ix} 、 D_{ix} 、 E_{ix} は係数である。

【0070】

【表1】

$2\omega = 51.2^\circ$				
面 S_i	曲率半径 r_i	面間隔 d_i	屈折率 n_i	
S_1		11.579		
S_2	∞	2.800	1.67501	
S_3	-8.438	8.000		
S_4	r_{4x} 36.024	3.000	1.78565	
	r_{4y} ∞			
S_5	∞	31.000		
S_6	r_{6x} ∞	9.000	1.78565	
	r_{6y} -32.415			
S_7	∞	9.000		
S_8	r_{8x} ∞	18.000		
	r_{8y} -39.216			
S_9	r_{9x} ∞	5.500	1.51929	
	r_{9y} 28.253			
S_{10}	r_{10x} -11.094	107.500		
	r_{10y} 32.639			

【0071】

★ ★【表2】

非球面係数			
K_9	-1	K_{10}	-1
A_9	-4.1423E-5	A_{10}	-3.6882E-5
B_9	7.1621E-8	B_{10}	-5.6110E-8
C_9	-8.4567E-11	C_{10}	-6.0091E-11
D_9	5.7009E-14	D_{10}	-3.6919E-14
E_9	-1.6817E-17	E_{10}	-1.0085E-17
		A_{10x}	-2.4465E-2
		B_{10x}	5.5392E-5
		C_{10x}	-8.6276E-8
		D_{10x}	7.7456E-11
		E_{10x}	-2.7384E-14

【0072】図10はこの設計例についての主走査断面図、図11はこの設計例の収差図である。なお、収差図については、像面湾曲は破線が主走査方向、実線が副走査方向の収差を示している。走査直線性は、 $f\theta$ レンズの通例では理想像高 $y = f\theta$ からの像高のずれを%で表すが、本実施例におけるでは回転レンズ鏡が回転するため理想像高が $f\theta$ とならない。従って、等価な表示方法

として、光軸近傍の光線について、回転レンズ鏡の回転角に対する像高の変化率を ζ として、理想像高 $Y = \zeta\theta$ からのずれを%で表示している。 ω はビームスポットが被走査面上で走査中心から走査端まで走査する間の、回転レンズ鏡の回転角である。

【0073】結像レンズの主走査方向における屈折力の変化を図12に示す。横軸は入射面でのビームの光軸か

らの高さであり、屈折力はレンズの有効部について示している。屈折力は、ビームが走査中心から走査端に行くに従って大きくなっており、回転レンズ鏡の主走査方向の屈折力の変化を打ち消し、図11に示すように主走査方向の像面湾曲は±2.0mm以内と、良好に補正されている。1～2mm程度の振幅で振動している像面湾曲は、結像レンズの主走査断面形状の非球面係数を、12次までの非球面係数しか用いていないことにより生じるものである。より高次の非球面係数を用いれば、像面湾曲はさらに小さくなる。

【0074】結像レンズの射出面は、副走査断面に平行な断面の曲率が、結像レンズの有効部で主走査方向に沿って連続的に変化しているため、図11に示すように副走査方向の像面湾曲が±0.2mm以内と、極めて良好に補正されている。

【0075】結像レンズの主走査断面における曲率変化率ρは、図13のように有効部の範囲内で0.005以下となっており、走査端でのビームスポットの断面強度分布は、主走査方向で図14に示すように、裾部がやや広がっていたり、側部に小さなピークがあるもの、実用上問題ない程度となっている。

【0076】結像レンズの有効部における、光軸方向の厚さの最大値 t_{max} は5.5mm、最小値 t_{min} は3.90mmであり、それらの比は、 $t_{max}/t_{min}=1.41$

となり、厚さが均一となっているため、結像レンズをプラスチックで成型するとき、スムーズで均一な流動がなされ、内部歪の発生はほとんどない。

【0077】結像レンズへの入射ビームは集束光であり、その焦点は結像レンズ入射面から被走査面側へ213.86mmに位置する。従って、結像レンズの主走査方向の屈折力は小さくて済み、そのために結像レンズの厚さを均一にすることが可能となっている。

【0078】結像レンズのレンズ面の形状変化に基づく変化量、

【0079】

【数12】

$$\left| \Delta z_j(y) \right| \left| \left(\frac{1}{a-b_j} + \frac{1}{b_j} \right) \right|$$

【0080】は、図15のように入射面、射出面のいずれも、有効部で常に0.2より小さくなっており、副走査方向のビームスポット直径の変動は、図16のように20%以内に抑えられ、解像度は均一となっている。

【0081】次に、解像度の均一性をさらに良好にすることを考える。本実施例の結像レンズでは、副走査断面に平行な断面の曲率が主走査方向に沿って連続的に変化している面は、射出面のみである。ところが、結像レンズの両面ともを、そのような面とすれば、光学設計の自

由度が副走査方向でさらに1自由度大きくなり、副走査方向のビームスポット径を完全に一定にすることができる。

【0082】このことを図を用いて説明する。上記した設計例では、結像レンズは図10のように屈曲しており、副走査断面に平行な断面の主点もその形状にほぼ沿って屈曲しているため、実用的には問題のない範囲内ではあるが、結像レンズの副走査方向の倍率は多少変化している。しかしながら、副走査断面に平行な任意の断面で、両面の曲率半径を任意に設定できれば、図17(a)～(e)のようにベンディングにより主点Hの位置も任意に設定できる。そこで、副走査断面に平行な任意の断面の主点を連ねた線が、光軸に対して垂直な直線となるように、副走査方向の曲率半径を設定すれば、結像レンズの副走査方向の光学倍率を、有効走査領域に渡って完全に一定にすることができ、ビームスポット径も一定となる。

【0083】(実施例2)図18は本発明の光走査装置の第2の実施例としての光走査装置を示したものである。半導体レーザー1より射出したビームがコリメータレンズ2によって平行なビームとされ、回転レンズ鏡4の入射面に入射した後、反射面で反射され、射出面から射出する。入射面は凹面、反射面は平面、射出面は凸面である。ビームは回転レンズ鏡4の回転に伴って偏向され、結像レンズ5で集束作用を受け、被走査面6上にビームスポットを形成する。結像レンズ5は球面レンズである。

【0084】本実施例の回転レンズ鏡は、入射面と射出面とが球面であり実施例1とは異なるが、主走査断面に関しては、実施例1と同様、それらの面はそれぞれ負、正の屈折力を持つ。従って、本実施例でも、回転レンズ鏡の屈折力は、走査中心を走査するビームの光路では大きく、ビームが走査端へ移動するにつれて小さくなる。一方、結像レンズの主走査方向の屈折力は、走査中心を走査するビームの光路において最も小さく、走査端にビームが近づくにつれて大きくなり、回転レンズ鏡の屈折力の不均一を打ち消し、主走査方向の像面湾曲を小さく抑えている。

【0085】本実施例の代表的な設計例の光学諸元を表3に示す。半導体レーザーの発光点を S_1 、コリメータレンズの入射面、射出面をそれぞれ S_2 、 S_3 、回転レンズ鏡の入射面、反射面、射出面をそれぞれ S_4 、 S_5 、 S_6 、結像レンズの入射面、射出面をそれぞれ S_7 、 S_8 とする。各光学諸元の記号については、第i面 S_i の曲率半径を r_i 、第i面から次の面までの軸上間隔を d_i とし、コリメータレンズ、回転レンズ鏡、結像レンズの屈折率をそれぞれ n_2 、 n_4 、 n_7 とする。

【0086】

【表3】

$2\omega = 40.6^\circ$			
面 S_i	曲率半径 r_i	面間隔 d_i	屈折率 n_i
S_1	∞	10.828	1.67501
S_2	∞	2.800	
S_3	-8.438	20.000	
S_4	-26.450	10.000	1.51118
S_5	∞	10.000	
S_6	-44.508	16.746	
S_7	-673.340	8.567	1.51118
S_8	-52.646	185.752	

【0087】図19はこの設計例についての主走査断面図、図20はこの設計例の収差図である。

【0088】結像レンズの主走査方向における屈折力の変化を図21に示す。実施例1と同様に、屈折力はビームが走査中心から走査端に行くに従って大きくなっており、回転レンズ鏡の主走査方向の屈折力変化を打ち消し、図20のように主走査方向の像面湾曲は±1.0mm以内と、良好に補正されている。

【0089】（実施例3）図22は本発明の光走査装置の第3の実施例としての光走査装置を示したものである。半導体レーザ1より射出したビームがコリメータレンズ2によって平行なビームとされる。偏向手段としての回転レンズ7および偏向鏡8は共に回転する。コリメータレンズ2から射出された平行ビームは負のパワーを有する回転レンズ7で発散ビームとされ、偏向鏡8で反射され、偏向鏡8の回転により偏向される。偏向されたビームは、結像光学系である結像レンズ5により集束作用を受け、被走査面6上にビームスポットを形成する。結像レンズ5は球面レンズである。

【0090】図23に回転レンズ7および偏向鏡8の回転に伴ってビームが偏向される様子を模式的に示す。回転レンズ7および偏向鏡8は、偏向鏡8の反射面 S_7 内の回転軸Oを中心に回転し、I、II、IIIのように変位する。入射ビームLは回転レンズ7の回転に伴い、回転レンズ7のそれぞれ異なる位置を透過するため、屈折により偏向される。ビームはさらに偏向鏡8の反射面 S_7 で反射されて、さらにその偏向角を大きくし、射出*

*ビーム M_1 、 M_2 、 M_3 のように偏向される。

10 【0091】入射ビームLは回転レンズ7で負の屈折力を受けるが、回転レンズ7の位置がIIのときには入射角 0° で入射し、I、IIIのときにはある入射角を持って入射するため、負の屈折力の絶対値はIIのときに対して、I、IIIのときの方が大きくなる。従って、回転レンズ7の屈折力を絶対値ではなく、正負を含めた値として相対的にみると、本実施例でも実施例1と同様に、走査中心を走査するビームの光路では屈折力は大きく、ビームが走査中心から走査端へ移動するにつれて小さくなる。

20 【0092】本実施例でも、結像レンズの主走査方向の屈折力は、走査中心を走査するビームの光路において最も小さく、走査端にビームが近づくにつれて大きくなり、回転レンズ鏡の屈折力の不均一を打ち消し、主走査方向の像面湾曲を小さく抑えている。

【0093】本実施例の代表的な設計例の光学諸元を表4に示す。半導体レーザの発光点を S_1 、コリメータレンズの入射面、射出面をそれぞれ S_2 、 S_3 、回転レンズの入射面、射出面をそれぞれ S_4 、 S_5 、反射鏡の反射面を S_6 、結像レンズの入射面、射出面をそれぞれ S_7 、 S_8 とする。各光学諸元の記号については、第i面 S_i の曲率半径を r_i 、第i面から次の面までの軸上間隔を d_i とし、コリメータレンズ、回転レンズ、結像レンズの屈折率をそれぞれ n_2 、 n_4 、 n_7 とする。

【0094】

【表4】

$2\omega = 37.8^\circ$			
面 S_i	曲率半径 r_i	面間隔 d_i	屈折率 n_i
S_1	∞	10.828	1.67501
S_2	∞	2.800	
S_3	-8.438	20.000	
S_4	-25.730	2.000	1.51118
S_5	-42.260	8.000	
S_6	∞	20.000	
S_7	-318.860	5.820	1.51118
S_8	-40.650	194.080	

【0095】図24はこの設計例についての主走査断面図、図25はこの設計例の収差図である。

【0096】結像レンズの主走査方向における屈折力の変化を図26に示す。やはり、屈折力はビームが走査中心から走査端に行くに従って大きくなっており、回転レンズ鏡の主走査方向の屈折力変化を打ち消し、図25のように主走査方向の像面湾曲は±1.0mm以内と、良

好に補正されている。

【0097】本発明はレーザビームプリンタのみならず、デジタル複写機、ファクシミリ、レーザ走査ディスプレイ等の画像形成装置やスキャナ等の画像入力装置、あるいは光学マーク読み取り用レーザ走査装置、表面検査用レーザ走査装置等にも適用することができ、上述したような効果が得られる。

【0098】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば以下のような効果を有する。

【0099】まず、請求項1、2記載の発明によれば、主走査方向において、走査中心で大きく走査端で小さい屈折力の分布を有する偏向手段の屈折力の不均一性を、走査中心で小さく走査端で大きい屈折力を有する結像レンズで打ち消し、像面湾曲を非常に小さくすることができる。

【0100】請求項3記載の発明によれば、結像レンズに非球面を導入することにより、わずか1枚の結像レンズで十分に収差を補正することができる。さらに、結像レンズへの入射ビームの画角も大きくとることができる。この結果、光走査装置を一層小型化することができる。

【0101】請求項4記載の発明によれば、ビームスポット形状の崩れを実用上問題のない範囲内に抑えることができる。

【0102】請求項5記載の発明によれば、ビームスポット径を一定にすることができる。この結果光走査装置としての解像度を均一にすることができる。

【0103】請求項6記載の発明によれば、ビームの進行方向と垂直な方向の屈折率分布を抑制することができる。これにより、焦点位置がずれたり結像特性が悪化したりすることを防ぐことができる。

【0104】請求項7記載の発明によれば、レンズ成型時の流動状態の不均一性を防止し、内部歪を生じないような特性の優れたレンズを製造することができる。

【0105】請求項8記載の発明によれば、結像レンズの屈折力が小さくて済むようにすることができる。この結果、レンズの厚さを均一に近づけることができ、製造性・コストの点できわめて有効である。

【0106】請求項9記載の発明によれば、諸収差の補正を主走査方向と副走査方向とで独立に行うことができ、光学設計上の自由度が大きくなる。このことにより、主走査方向、副走査方向共に像面湾曲を小さく抑えることができ、等速走査性も良好にすることができる。

【0107】請求項10記載の発明によれば、回転レンズ鏡の反射面に面倒れがあっても、被走査面上におけるビームスポットの副走査方向の位置は変化せず、走査線の位置ずれを防止することができる。

【0108】請求項11記載の発明によれば、結像レンズの有効部のいかなる位置でも、副走査断面に平行な断面の曲率を任意に設定することができる。このため、副走査方向の像面湾曲を完全に補正することができる。

【0109】請求項12記載の発明によれば、結像レンズの製造が容易になりコストを低減することができる。さらに、レンズ両面の光軸の相対的な位置精度や、2本の光軸を一致させることが要求されないので、組み立て性・レンズ精度の点で非常に有効である。

【0110】請求項13記載の発明によれば、光学設計の自由度が副走査方向でさらに1自由度大きくすることができる。この結果、副走査方向のビームスポット径を完全に一定にすることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の実施例1の光走査装置の斜視図。

【図2】 本発明の実施例1において、回転レンズ鏡の回転に伴いビームが偏向される様子を示す図。

【図3】 本発明の実施例1において、回転レンズ鏡により偏向されるビームの焦点の軌跡を示す図。

【図4】 非球面レンズを透過するビームの光路図。

【図5】 結像レンズの副走査断面図。

【図6】 結像レンズの冷却速度を示す図。

【図7】 プラスチックレンズの屈折率の分布図。

【図8】 リブ付きの結像レンズの副走査断面図。

【図9】 本発明の実施例1の光学系の概念図。

【図10】 本発明の実施例1の光学系の断面図。

【図11】 本発明の実施例1の光学系の収差図。

【図12】 本発明の実施例1の結像レンズの屈折力変化を示す図。

【図13】 本発明の実施例1の結像レンズの曲率変化率を示す図。

【図14】 本発明の実施例1のビームスポットの断面強度分布図。

【図15】 本発明の実施例1の結像レンズの形状変化に基づく変化量を示す図。

【図16】 本発明の実施例1のビームスポット直径を示す図。

【図17】 結像レンズのベンディングを示す図。

【図18】 本発明の実施例2の光走査装置の斜視図。

【図19】 本発明の実施例2の光学系の断面図。

【図20】 本発明の実施例2の光学系の収差図。

【図21】 本発明の実施例2の結像レンズの屈折力変化を示す図。

【図22】 本発明の実施例3の光走査装置の斜視図。

【図23】 本発明の実施例3において、回転レンズと偏向鏡との回転に伴いビームが偏向される様子を示す図。

【図24】 本発明の実施例3の光学系の断面図。

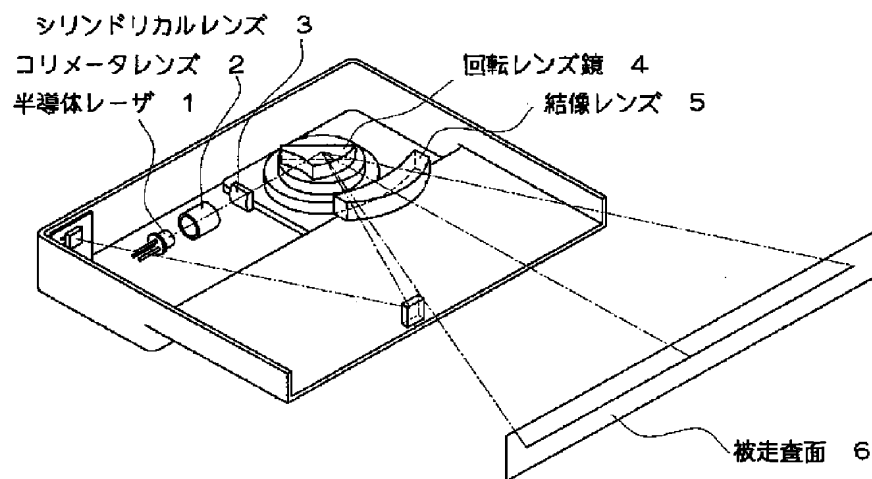
【図25】 本発明の実施例3の光学系の収差図。

【図26】 本発明の実施例3の結像レンズの屈折力変化を示す図。

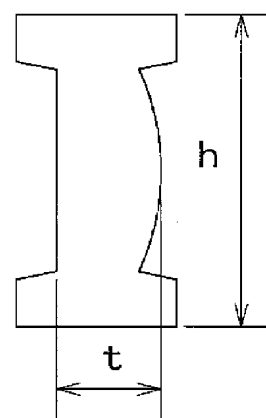
【符号の説明】

- 1 半導体レーザ
- 2 コリメータレンズ
- 3 シリンドリカルレンズ
- 4 回転レンズ鏡
- 5 結像レンズ
- 6 被走査面

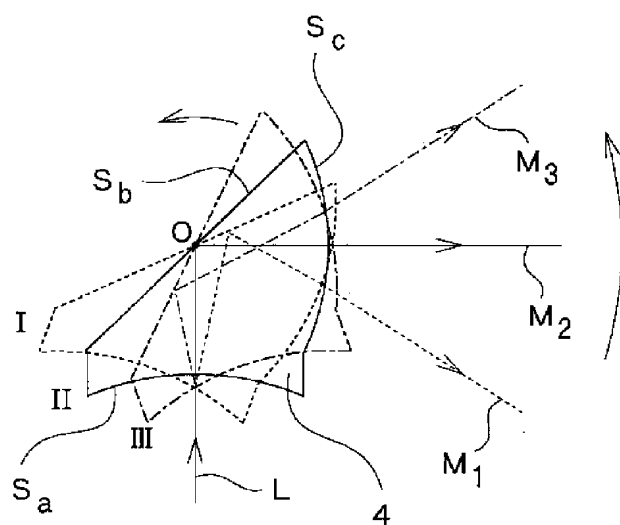
【図1】



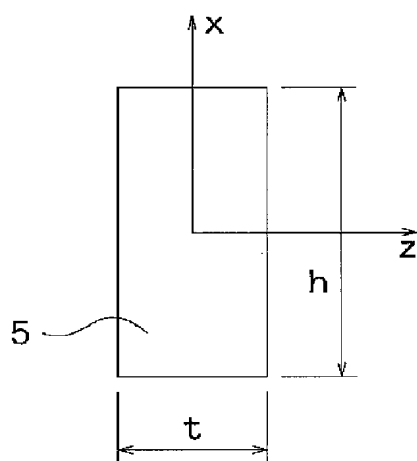
【図8】



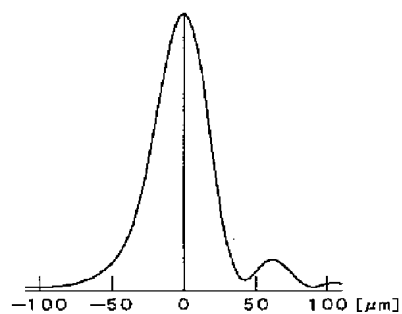
【図2】



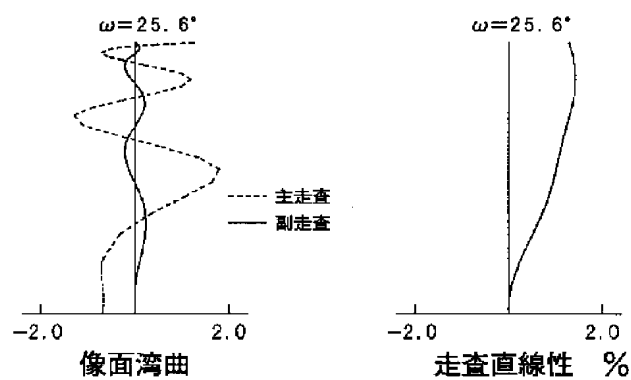
【図5】



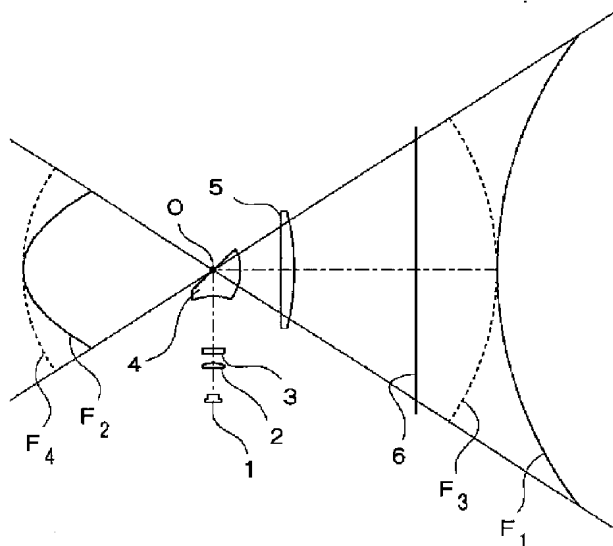
【図14】



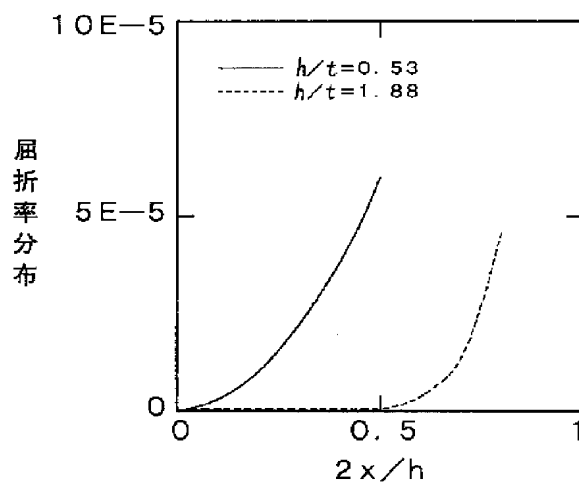
【図11】



【図3】

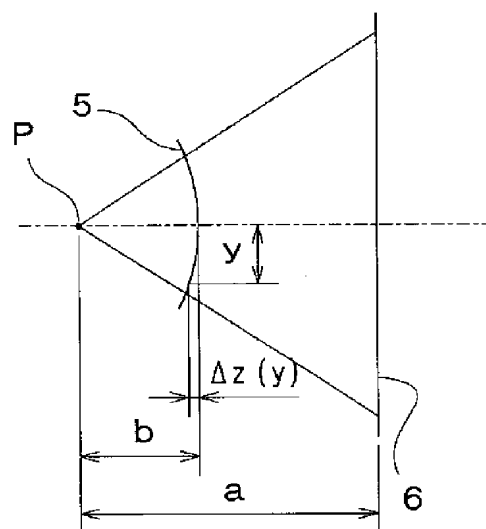
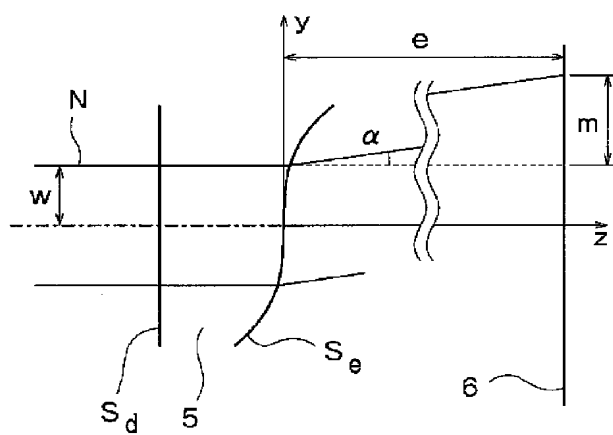


【図7】

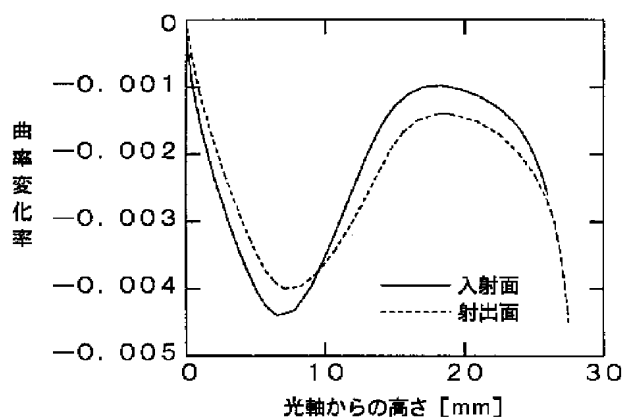


【図9】

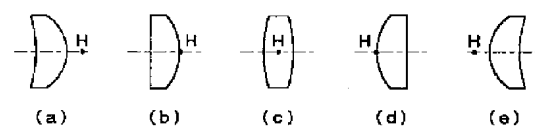
【図4】



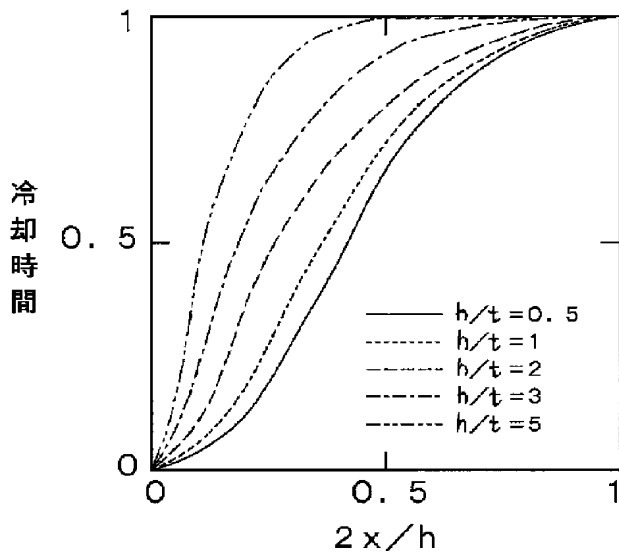
【図13】



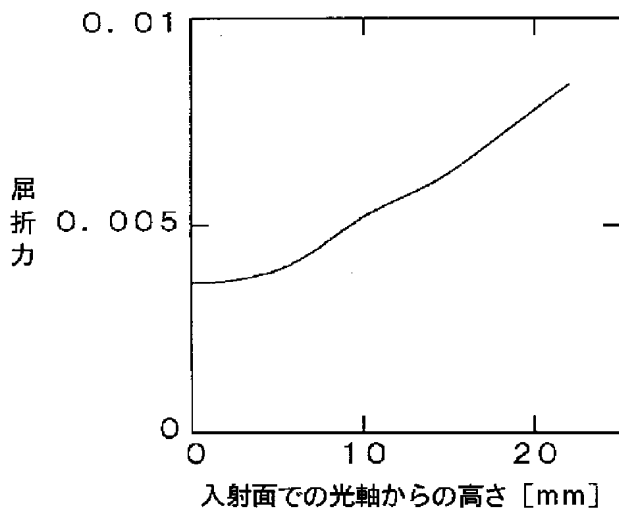
【図17】



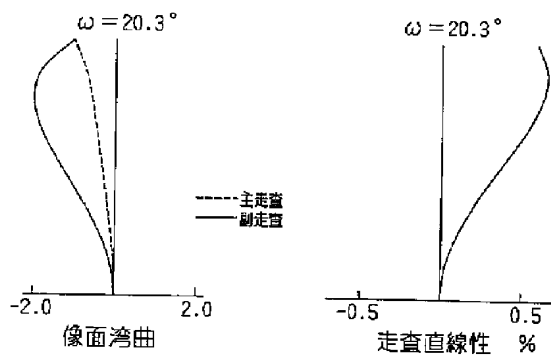
【図6】



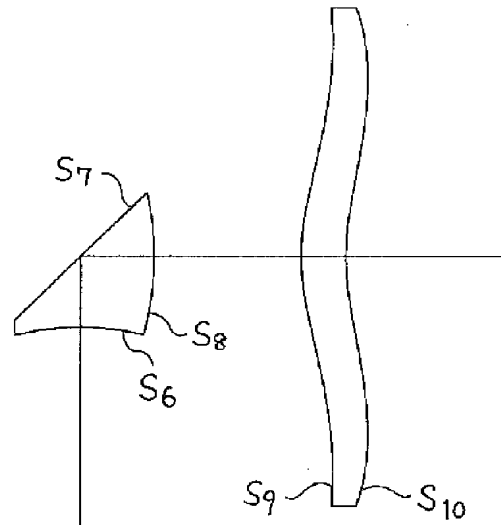
【図12】



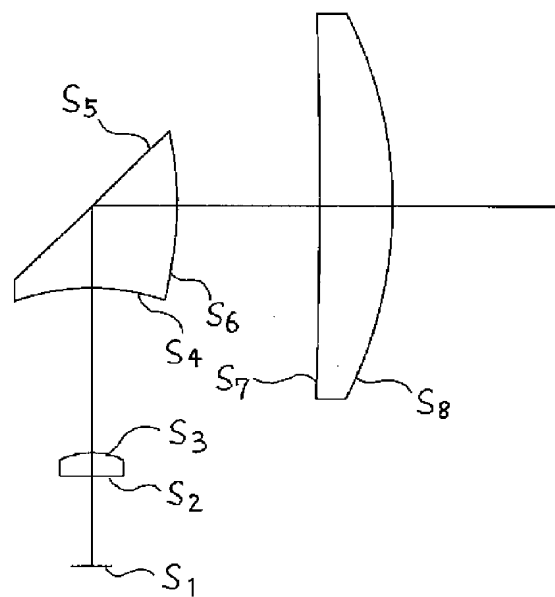
【図20】



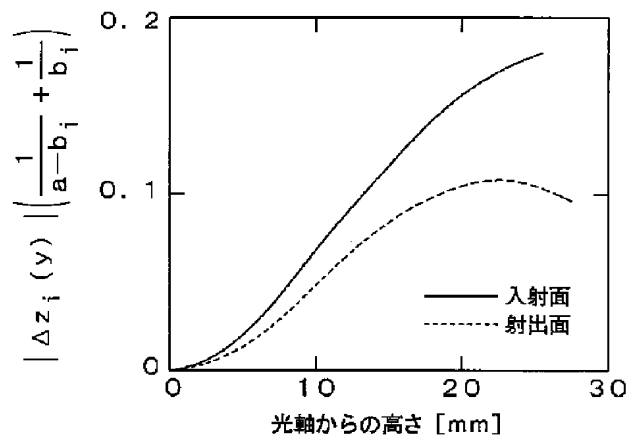
【図10】



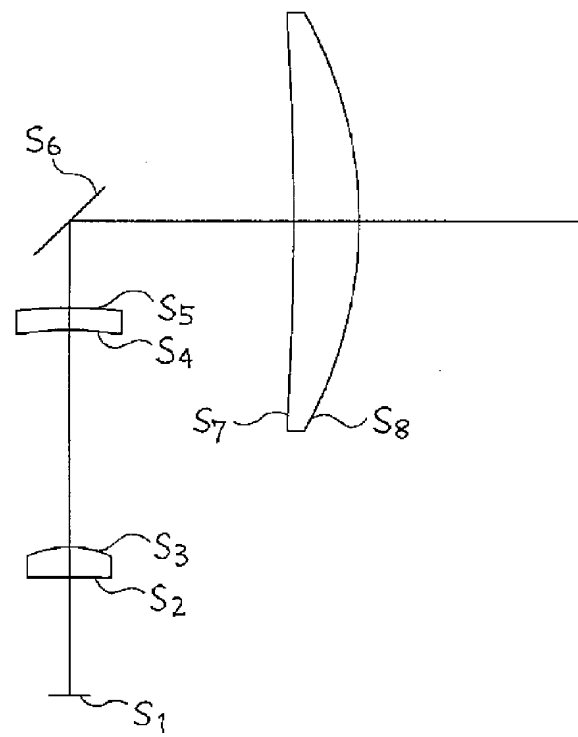
【図19】



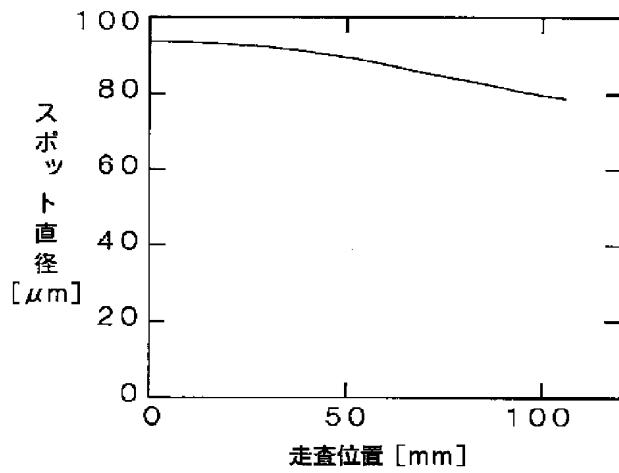
【図15】



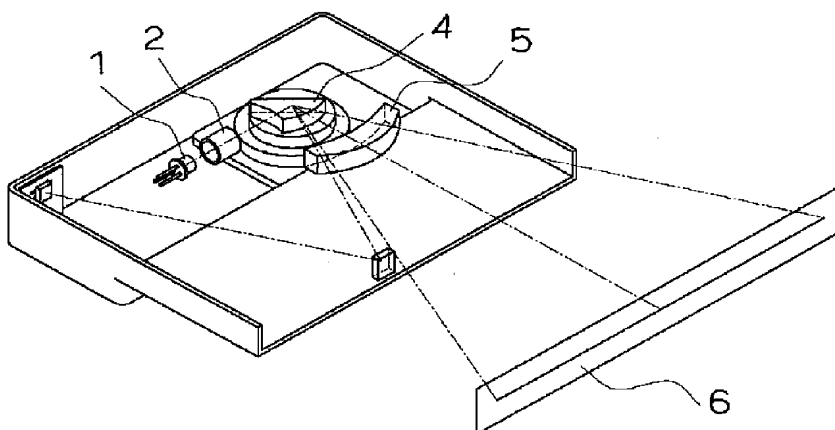
【図24】



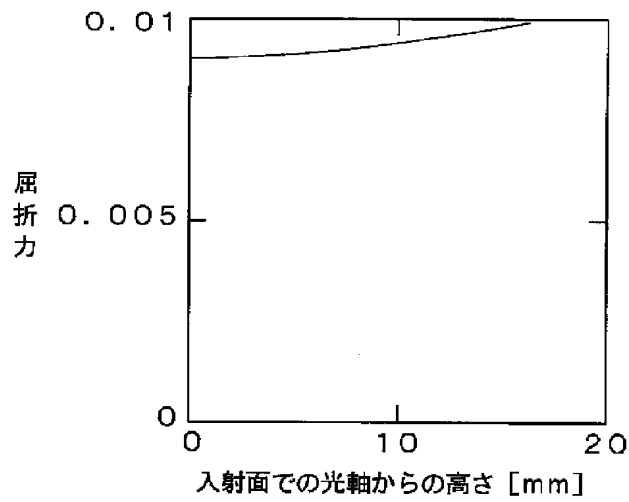
【図16】



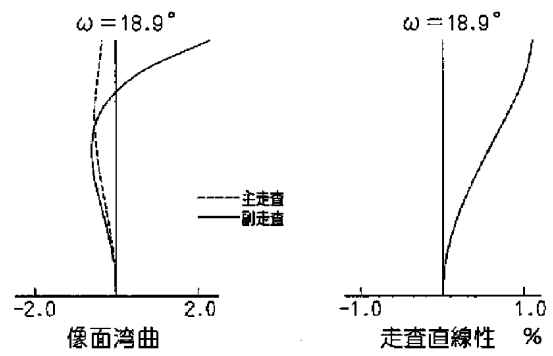
【図18】



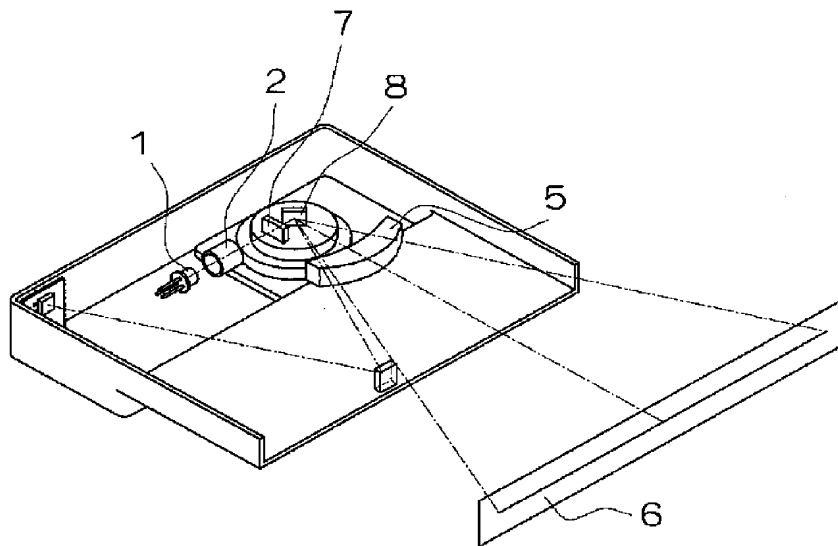
【図21】



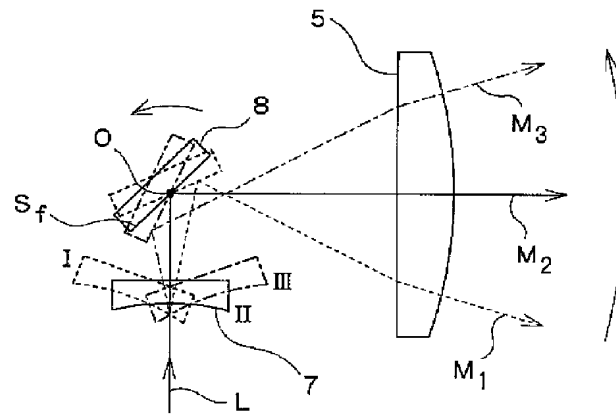
【図25】



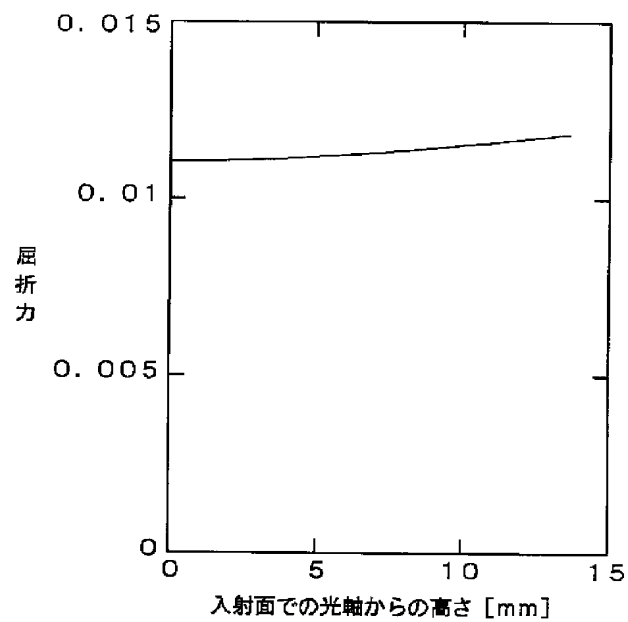
【図22】



【図23】



【図26】



フロントページの続き

(72)発明者 野村 雄二郎
長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコ
ーエプソン株式会社内

(72)発明者 ▲浜▼ 高志
長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコ
ーエプソン株式会社内